

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-110952

(P 2 0 0 2 - 1 1 0 9 5 2 A)

(43) 公開日 平成14年4月12日 (2002.4.12)

(51) Int. Cl. ⁷

識別記号

F I

テーマコード (参考)

H01L 27/14

G02B 3/00

A 4M118

G02B 3/00

H01L 27/14

D 5F004

H01L 21/3065

21/302

H

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全9頁)

(21) 出願番号 特願2000-301940 (P 2000-301940)

(22) 出願日 平成12年10月2日 (2000.10.2)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 松崎 康二

鹿児島県国分市野口北5番1号 ソニー国分株式会社内

(74) 代理人 100094053

弁理士 佐藤 隆久

Fターム(参考) 4M118 AA10 AB01 CA40 EA01 GB11

GC08 GC09 GD04 GD07

5F004 BA08 BB25 BC04 CA04 DA01

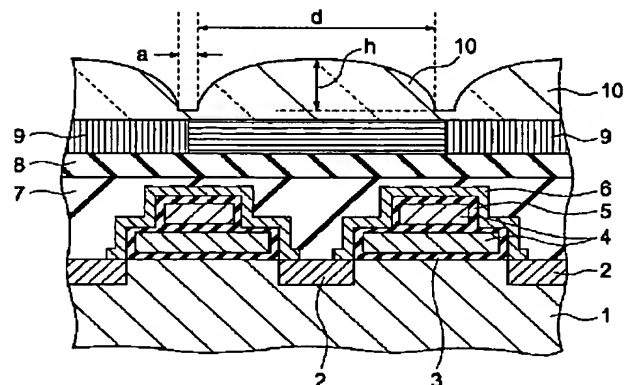
DA22 DA25 DA26 DB23

(54) 【発明の名称】 オンチップマイクロレンズの形成方法および固体撮像素子の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 レンズ間隔が狭く集光効率の高いオンチップマイクロレンズの形成方法、および固体撮像素子の製造方法を提供する。

【解決手段】 基板上にレンズ材料層を形成する工程と、レンズ材料層上にレンズ形状を有するレジストを形成する工程と、前記基板を載置する電極を常温より低温に冷却しながら、前記レジストおよび前記レンズ材料層にドライエッチングを行い、レンズ材料層にレンズ形状を転写する工程とを有するオンチップマイクロレンズの形成方法、および固体撮像素子の製造方法。



【特許請求の範囲】

【請求項1】基板上にレンズ材料層を形成する工程と、前記レンズ材料層上にレンズ形状を有するレジストを形成する工程と、冷却しながら前記レジストおよびレンズ材料層にドライエッチングを行い、前記レンズ材料層に前記レンズ形状を転写する工程とを有するオンチップマイクロレンズの形成方法。

【請求項2】前記ドライエッチング工程は、前記基板を第1の電極上に載置して、互いに対向する前記第1の電極と第2の電極との間に前記基板を配置する工程と、前記第1の電極を所定の温度に冷却する工程と、前記第1の電極と前記第2の電極との間を放電させ、プラズマを発生させる工程とを有する請求項1記載のオンチップマイクロレンズの形成方法。

【請求項3】前記所定の温度は常温より低く、かつ所定のエッチング速度が得られる範囲の温度である請求項2記載のオンチップマイクロレンズの形成方法。

【請求項4】前記所定の温度はほぼ -30°C 以上である請求項3記載のオンチップマイクロレンズの形成方法。

【請求項5】前記所定のエッチング速度はほぼ $170\text{nm}/\text{分}$ 以上である請求項4記載のオンチップマイクロレンズの形成方法。

【請求項6】半導体基板に受光部と電荷転送領域を形成する工程と、前記電荷転送領域上に電荷転送電極を形成する工程と、前記基板および前記電荷転送電極上にレンズ材料層を形成する工程と、前記レンズ材料層上にレンズ形状を有するレジストを形成する工程と、冷却しながら前記レジストおよびレンズ材料層にドライエッチングを行い、前記レンズ材料層に前記レンズ形状を転写して、前記受光部に光を集光するオンチップマイクロレンズを形成する工程とを有する固体撮像素子の製造方法。

【請求項7】前記電荷転送電極を形成後、前記基板および前記電荷転送電極上に、表面を平坦化する平坦化膜を形成する工程をさらに有し、前記レンズ材料層を前記平坦化膜上に形成する請求項6記載の固体撮像素子の製造方法。

【請求項8】前記ドライエッチング工程は、前記基板を第1の電極上に載置して、互いに対向する前記第1の電極と第2の電極との間に前記基板を配置する工程と、前記第1の電極を所定の温度に冷却する工程と、前記第1の電極と前記第2の電極との間を放電させ、プラズマを発生させる工程とを有する請求項7記載の固体撮像素子の製造方法。

【請求項9】前記所定の温度は常温より低く、かつ所定のエッチング速度が得られる範囲の温度である請求項8記載の固体撮像素子の製造方法。

【請求項10】前記所定の温度はほぼ -30°C 以上である請求項9記載の固体撮像素子の製造方法。

【請求項11】前記所定のエッチング速度はほぼ $170\text{nm}/\text{分}$ 以上である請求項10記載の固体撮像素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光の利用効率の高いオンチップマイクロレンズを形成できるオンチップマイクロレンズの形成方法、およびそのようなオンチップマイクロレンズを有する固体撮像素子の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】固体撮像素子の小型化に伴い、1画素の面積に対する受光部の面積の割合（開口率）は低下している。これにより、光の利用効率が低下し、固体撮像素子の感度が低下する。これを解決するため、各画素の上部に凸レンズであるオンチップマイクロレンズ（OCL; on chip microlens）が形成される。OCLの焦点を受光部に合わせることで、固体撮像素子の感度を大幅に向上させることができる。

【0003】図1に固体撮像素子の断面図を示す。転送チャネル領域やチャネルストップ領域等が形成された半導体基板1の表層に、受光部2が形成されている。受光部2に入射した光はフォトダイオードによって光電変換される。受光部2を除く半導体基板1上に、ゲート絶縁膜3を介して転送電極4が形成されている。転送電極4上に、絶縁膜5を介して遮光膜6が形成されている。絶縁膜5としては例えばシリコン酸化膜が用いられ、遮光膜6としては例えばAl等の金属膜が用いられる。

【0004】遮光膜6あるいは受光部2の上層に、例えばシリコン酸化膜からなる層間絶縁膜7が形成されている。その上層の全面に、例えば有機樹脂膜からなる平坦化膜8が形成されている。平坦化膜8を形成することにより転送電極4に起因する表面段差が平坦化される。

【0005】単板カラー固体撮像素子の場合には、平坦化膜8の上層にカラーフィルタ9が形成される。原色系の場合には赤（R）、緑（G）、青（B）のいずれかのカラーフィルタ9が各画素に形成される。補色系の場合にはイエロー（Y）、マゼンタ（Mg）、シアン（Cy）、グリーン（G）のいずれかのカラーフィルタ9が各画素に形成される。カラーフィルタ9としては、ゼラチンを染色したもの（OCCF; on chip color filter）が多く用いられる。

【0006】カラーフィルタ9の上層に、例えば光透過性の樹脂からなるOCL10が形成されている。OCL10の直径dは例えば $5.0\mu\text{m}$ 程度、高さhは例えば $1.2\mu\text{m}$ 程度である。これにより、受光部2の面積よりも広い範囲に入射する光を、受光部2に集光することができる。

【0007】OCL10の集光効率はOCL10の曲率、受光部2の開孔形状、OCL10と受光部2のフォトダイオードとの距離等に応じて変化する。また、OCL間に入射する光は受光部2に集光できないことから、OCL間の領域は無光領域と呼ばれる。したがって、OCL10の集光効率を上げるためには、図1にaで示すOCL10の間隔（以下、OCLギャップとする。）を小さくすることが望ましい。OCLギャップaは通常、0.5 μ m程度である。

【0008】以下に、固体撮像素子のOCLを形成する方法について、図2～図3および図7を参照して説明する。まず、図2に示すように、半導体基板1に受光部2や転送チャネル領域等を形成し、半導体基板1上に転送電極4や遮光膜6等を形成する。さらに、全面に層間絶縁膜7を形成してから、平坦化膜8を形成する。

【0009】その後、単板カラー固体撮像素子の場合にはカラーフィルタ9を形成し、その上層にレンズ材層11を形成する。単色固体撮像素子の場合には、平坦化膜8の上層にレンズ材層11を形成する。レンズ材層11は例えば樹脂をスピコート等により塗布し、硬化させて形成する。

【0010】レンズ材層11の上層に、OCLのパターンでレジスト12を形成する。レジスト12としては例えばノボラック系ポジ型レジストを用いる。フォトリソグラフィ工程によりレジスト12をパターンニングした後、例えばレジスト12を加熱により軟化させ、半球状に加工する。

【0011】次に、図3に示すように、半球状のレジスト12およびレンズ材層11をエッチバックする。このエッチングは例えばCF₄/O₂をエッチングガスとして用いる異方性の反応性イオンエッチング（RIE；reactive ion etching）とする。また、このRIEはレジスト12とレンズ材層11のエッチング選択比がほぼ1となるような条件で行う。これにより、レジスト12の半球形状がレンズ材層11に転写され、図1に示すように、OCL10が形成される。

【0012】図7に、上記のRIEに用いることができる装置の一例として、マグネトロンRIE装置を示す。図7の概略図に示すように、マグネトロンRIE装置30は、チャンバー21内に互いに平行に配置された上部電極22および下部電極23を有する。電極の一方22には磁石24が設けられており、磁界が形成される。高周波電源25から下部電極23に高周波が印加される。表面にレンズ材およびレジストが形成されたウェハ26は、下部電極23上に載置される。高周波の電力を変化させることにより、ウェハ26に入射するイオンのエネルギーが制御される。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記の従来のOCLの形成方法には、OCLギャップの縮小が

難しいという問題がある。図2に示すように、OCLを形成するためのレジスト12の間隔をbとすると、図1に示すOCLギャップaとレジスト間隔bとの差 $|a-b|$ はCD（critical dimension）誤差と呼ばれる。以下、b-aが正の場合のCD誤差をCDゲイン量、b-aが負の場合のCD誤差をCDロス量とする。したがって、OCLギャップを狭くして光の利用効率を高めるには、CDゲイン量が大きくなるような条件でレンズ材11のエッチングを行う必要がある。

【0014】CDゲイン量を大きくするには、一般的にはレンズ材11のRIEを低パワー、低圧力および低ガス流量とする。しかしながら、これによりエッチング速度が低下して、生産性が低下する。エッチング速度の低下を表す例として、図8にパワーとエッチング速度との関係を示す。図8は、エッチングガスとしてCF₄/O₂を用い、マグネトロンRIE装置により常温でRIEを行った場合のデータである。実用的にはエッチング速度は170nm/分以上であることが望ましい。

【0015】図8に示すように、パワーを1100Wから800Wまで下げることにより、エッチング速度は徐々に低下する。パワーをさらに下げると、エッチング速度が160nm/分以下となり、生産性の低下が顕著となる。図8の均一性は、半導体基板の面内でのエッチング量のばらつきを示し、最大エッチング量と最小エッチング量との差を平均エッチング量で割ったものをパーセントで表したものである。均一性については、パワーに依存した変動が少ないことがわかる。図示しないが圧力を低くした場合、あるいはガス流量を低くした場合にもCDゲイン量を大きくすることができるが、エッチング速度の低下が問題となる。

【0016】本発明は上記の問題点に鑑みてなされたものであり、したがって本発明は、レンズ間隔が狭く集光効率の高いオンチップマイクロレンズを、より短時間で形成できるオンチップマイクロレンズの形成方法を提供することを目的とする。また本発明は、高感度な固体撮像素子を効率よく生産することができる固体撮像素子の製造方法を提供することを目的とする。

【0017】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、本発明のオンチップマイクロレンズの形成方法は、基板上にレンズ材料層を形成する工程と、前記レンズ材料層上にレンズ形状を有するレジストを形成する工程と、冷却しながら前記レジストおよびレンズ材料層にドライエッチングを行い、前記レンズ材料層に前記レンズ形状を転写する工程とを有することを特徴とする。

【0018】本発明のオンチップマイクロレンズの形成方法は、好適には、前記ドライエッチング工程は、前記基板を第1の電極上に載置して、互いに対向する前記第1の電極と第2の電極との間に前記基板を配置する工程と、前記第1の電極を所定の温度に冷却する工程と、前

記第1の電極と前記第2の電極との間を放電させ、プラズマを発生させる工程とを有することを特徴とする。

【0019】本発明のオンチップマイクロレンズの形成方法は、好適には、前記所定の温度は常温より低く、かつ所定のエッチング速度が得られる範囲の温度であることを特徴とする。本発明のオンチップマイクロレンズの形成方法は、さらに好適には、前記所定の温度はほぼ-30℃以上であることを特徴とする。本発明のオンチップマイクロレンズの形成方法は、好適には、前記所定のエッチング速度はほぼ170nm/分以上であることを特徴とする。

【0020】これにより、固体撮像素子にオンチップマイクロレンズ(OC L)を形成する際に、エッチング速度を低下させずにレンズ間隔(OC Lギャップ)を狭めることが可能となる。OC Lギャップの縮小により、OC Lの光の利用効率が向上する。したがって、集光効率の高いOC Lを高い生産効率で形成することが可能となる。

【0021】さらに、上記の目的を達成するため、本発明の固体撮像素子の製造方法は、半導体基板に受光部と電荷転送領域を形成する工程と、前記電荷転送領域上に電荷転送電極を形成する工程と、前記基板および前記電荷転送電極上にレンズ材料層を形成する工程と、前記レンズ材料層上にレンズ形状を有するレジストを形成する工程と、冷却しながら前記レジストおよびレンズ材料層にドライエッチングを行い、前記レンズ材料層に前記レンズ形状を転写して、前記受光部に光を集光するオンチップマイクロレンズを形成する工程とを有することを特徴とする。

【0022】本発明の固体撮像素子の製造方法は、好適には、前記電荷転送電極を形成後、前記基板および前記電荷転送電極上に、表面を平坦化する平坦化膜を形成する工程をさらに有し、前記レンズ材料層を前記平坦化膜上に形成することを特徴とする。

【0023】本発明の固体撮像素子の製造方法は、好適には、前記ドライエッチング工程は、前記基板を第1の電極上に載置して、互いに対向する前記第1の電極と第2の電極との間に前記基板を配置する工程と、前記第1の電極を所定の温度に冷却する工程と、前記第1の電極と前記第2の電極との間を放電させ、プラズマを発生させる工程とを有することを特徴とする。

【0024】本発明の固体撮像素子の製造方法は、好適には、前記所定の温度は常温より低く、かつ所定のエッチング速度が得られる範囲の温度であることを特徴とする。本発明の固体撮像素子の製造方法は、さらに好適には、前記所定の温度はほぼ-30℃以上であることを特徴とする。本発明の固体撮像素子の製造方法は、好適には、前記所定のエッチング速度はほぼ170nm/分以上であることを特徴とする。

【0025】これにより、固体撮像素子にレンズ間隔の

狭いオンチップマイクロレンズ(OC L)を形成することが可能となる。このとき、エッチング速度が低下しないため、高い生産効率を得られる。OC Lギャップの縮小により、固体撮像素子の無光領域の面積が低減する。したがって、本発明の固体撮像素子の製造方法によれば、固体撮像素子の高感度化が可能である。

【0026】

【発明の実施の形態】以下に、本発明のオンチップマイクロレンズの形成方法および固体撮像素子の製造方法の実施の形態について、図面を参照して説明する。図1に、本実施形態の固体撮像素子の製造方法により製造される固体撮像素子の断面図を示す。転送チャネル領域やチャネルストップ領域等が形成された半導体基板1の表層に、受光部2が形成されている。受光部2に入射した光はフォトダイオードによって光電変換される。受光部2を除く半導体基板1上に、ゲート絶縁膜3を介して転送電極4が形成されている。転送電極4上に、絶縁膜5を介して遮光膜6が形成されている。絶縁膜5としては例えばシリコン酸化膜が用いられ、遮光膜6としては例えばAl等の金属膜が用いられる。

【0027】遮光膜6あるいは受光部2の上層に、例えばシリコン酸化膜からなる層間絶縁膜7が形成されている。その上層の全面に、例えば有機樹脂膜からなる平坦化膜8が形成されている。平坦化膜8を形成することにより転送電極4に起因する表面段差が平坦化される。単板カラー固体撮像素子の場合には、平坦化膜8の上層にカラーフィルタ9が形成される。原色系の場合には赤(R)、緑(G)、青紫(B)のいずれかのカラーフィルタ9が各画素に形成される。補色系の場合にはイエロー(Y)、マゼンタ(Mg)、シアン(Cy)、グリーン(G)のいずれかのカラーフィルタ9が各画素に形成される。カラーフィルタ9としては、ゼラチンを染色したもの(OC CF)が多く用いられる。

【0028】カラーフィルタ9の上層に、例えば光透過性の樹脂からなるOC L10が形成されている。OC L10の直径dは例えば5.0μm程度、高さhは例えば1.2μm程度である。これにより、受光部2の面積よりも広い範囲に入射する光を、受光部2に集光することができる。

【0029】OC L10の集光効率はOC L10の曲率、受光部2の開口形状、OC L10と受光部2のフォトダイオードとの距離等に応じて変化する。本実施形態のオンチップマイクロレンズの形成方法および固体撮像素子の製造方法によれば、OC Lギャップaを小さくし、OC Lギャップaを例えば0.1μm程度とすることができる。したがって、図1に示す固体撮像素子においては、OC L間の無光領域の面積が縮小されており、OC L10の高い集光効率を得られる。

【0030】以下に、本実施形態のオンチップマイクロレンズの形成方法、およびそれを含む固体撮像素子の製

造方法について、図2～図4を参照して説明する。まず、図2に示すように、半導体基板1に受光部2や転送チャネル領域等を形成し、半導体基板1上に転送電極4や遮光膜6等を形成する。さらに、全面に層間絶縁膜7を形成してから、全面に平坦化膜8を形成する。

【0031】その後、単板カラー固体撮像素子の場合にはカラーフィルタ9を形成し、その上層にレンズ材層11を形成する。単色固体撮像素子の場合には、平坦化膜8の上層にレンズ材層11を形成する。レンズ材層11は例えば樹脂をスピンコート等により塗布し、硬化させて形成する。レンズ材層11の上層に、OCLのパターンでレジスト12を形成する。レジスト12としては例えばノボラック系ポジ型レジストを用いる。その後、例えばレジスト12を熱軟化させることにより、レジスト12を半球状に加工する。

【0032】次に、図3に示すように、半球状のレジスト12およびレンズ材層11をエッチバックする。このエッチングは例えば CF_4 、 O_2 をエッチングガスとして用いる異方性RIEとする。また、このRIEはレジスト12とレンズ材層11のエッチング選択比がほぼ1となるような条件で行う。これにより、レジスト12の半球形状がレンズ材層11に転写され、図1に示すように、OCL10が形成される。本実施形態のオンチップマイクロレンズの形成方法によれば、半導体基板1を冷却しながら、このRIEを行う。これにより、エッチング速度を低下させずにCDゲイン量を大きくできる。

【0033】図4に、本実施形態のオンチップマイクロレンズの形成方法に用いられるRIE装置の一例として、マグネトロンRIE装置を示す。図4の概略図に示すように、マグネトロンRIE装置20は、チャンパー21内に互いに平行に配置された上部電極22および下部電極23を有する。電極の一方22には磁石24が設けられており、磁界が形成される。高周波電源25から下部電極23に印加される高周波の電力を変化させることにより、イオンの入射エネルギーが制御される。

【0034】表面にレンズ材およびレジストが形成されたウェハ26は、下部電極23上に載置される。チラー27と下部電極23との間で冷媒を循環させることにより、下部電極23の温度を冷却する。下部電極23の温度は常温より低く、かつエッチング速度の低下が問題とならない範囲に設定され、具体的には20℃～30℃程度とする。チラー27により循環させる冷媒としては、例えば液体ヘリウムや液体窒素が挙げられる。

【0035】下部電極23を冷却した場合、下部電極23上のウェハ26の温度は、下部電極23の温度より少なくとも10℃程度高くなる。下部電極23とウェハ26の接触状態により、温度差がさらに大きくなる場合もある。さらに、エッチングが行われる間はイオンの入射等によるウェハ26の温度上昇もある。チャンパー21内のウェハ26の温度は、熱電対を利用して検出すること

が可能であるが、この場合、プラズマ放電用の高周波の影響を除去するために、熱電対線で形成されたローパスフィルタを配置する必要がある。

【0036】したがって、本実施形態のオンチップマイクロレンズの形成方法において、ウェハ26の温度を測定しながら温度制御を行うことも可能であるが、下部電極23の温度制御がより容易である。下部電極23上でシリコンウェハを冷却した場合、シリコンの熱伝導率が高いため、ウェハの表面と裏面との温度差はほとんどないことがわかっている。本実施形態のオンチップマイクロレンズの形成方法によれば、下部電極23を所定の温度に冷却することにより、ウェハ26を冷却し、CDゲイン量を大きくすることが可能である。

【0037】図5は下部電極温度とCDゲイン量との関係を示す図である。図5に示すように、下部電極を冷却しない場合(20℃)に比較して、下部電極を-20℃に冷却した場合には、CDゲイン量が0.05μm程度大きくなる。したがって、CDゲイン量の分、OCLギャップが狭くなり、無光領域の面積が縮小する。

【0038】図6は下部電極温度とエッチング速度との関係を示す図である。図6に示すように、下部電極を-20℃に冷却した場合にも、実用上問題とならないエッチング速度(170nm/分)が得られている。また、下部電極を冷却することにより、エッチングの均一性が向上する。下部電極をさらに冷却し、下部電極温度を-30℃よりも低くした場合には、エッチング速度が160nm/分以下となり、生産性が低下する。

【0039】下部電極の冷却によりCDゲイン量が増加する原因は、以下のように予想される。ガスプラズマ中のイオンはウェハに垂直に入射する性質がある。これは、高周波電界下において正イオンと電子の移動度が大きく異なるために、電極が負に帯電し(セルフバイアス電圧)、イオンを加速するイオンシースが形成される。したがって、イオンはプラズマポテンシャルに加えて、セルフバイアス電圧の電位差分に相当するエネルギーをもって表面に衝突する。

【0040】ドライエッチングの表面反応には解離粒子、特にラジカルによる反応、イオンだけによる反応、イオンとラジカルが相補的または相乗的に作用するイオンアシスト反応の3種類に大別される。上記のように、イオンがウェハに垂直に入射することから、イオンの入射にくいパターンの側面では、主にラジカル反応が熱エネルギーによって進行する。したがって、低温化により側面でのラジカルの反応確率が小さくなると、側面のエッチングが相対的に抑制される。

【0041】また、RIEの際には反応生成物の揮発と副生成物等の堆積が競合して起こるが、低温化により副生成物等の堆積が促進される。さらに、エッチングガスやレジストあるいはレンズ材の組成によっても、副生成物等の堆積のしやすさは変化する。これらの影響のた

め、CDゲイン量の増加を単純に説明することは不可能であるが、低温化によりレンズ材やレンズ形状、あるいはエッチング条件等に応じてCDゲイン量を増加させることができる。

【0042】上記の本実施形態のオンチップマイクロレンズの形成方法に従って、下部電極の温度を -20°C に冷却してレジストのエッチバックを行い、 $1/3$ インチ25万画素CCD固体撮像素子のOCLを形成した。その結果、下部電極の温度を 20°C としてOCLを形成した場合に比較して、CCD固体撮像素子の感度を約4.0%向上させることができた。

【0043】本発明のオンチップマイクロレンズの形成方法および固体撮像素子の製造方法の実施形態は、上記の説明に限定されない。例えば、マグネトロンRIE装置を平行平板型エッチング装置に変更することも可能である。また、レンズ材やレジストの種類は特に限定しない。レジストのエッチバックを行う際のエッチングガスも変更可能である。さらに、本発明は単色（白黒）固体撮像素子、カラー固体撮像素子のいずれにも適用することが可能である。

【0044】また、本発明のオンチップマイクロレンズの形成方法または固体撮像素子の製造方法によるOCLギャップの縮小は微量であり、通常はOCLの焦点に影響しない。しかしながら、OCLギャップの縮小に伴いOCLの曲率が増大し、焦点深度が深くなる場合もあり得る。この場合には、例えば層間絶縁膜の膜厚を大きくすることにより、集光状態を最適化することができる。その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の変更が可能である。

【0045】

【発明の効果】本発明のオンチップマイクロレンズの形成方法によれば、レンズ間隔が狭く集光効率の高いオンチップマイクロレンズを、より高い生産効率で形成する

ことが可能となる。本発明の固体撮像素子の製造方法によれば、高感度な固体撮像素子を高い生産効率で製造することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は本発明の固体撮像素子の製造方法により製造された固体撮像素子の断面図である。

【図2】図2は本発明のオンチップマイクロレンズの形成方法あるいは固体撮像素子の製造方法の工程を示す断面図である。

【図3】図3は本発明のオンチップマイクロレンズの形成方法あるいは固体撮像素子の製造方法の工程を示す断面図である。

【図4】図4は本発明のオンチップマイクロレンズの形成方法あるいは固体撮像素子の製造方法に用いられるマグネトロンRIE装置の概略図である。

【図5】図5は下部電極温度とCDゲイン量との関係を示す図である。

【図6】図6は下部電極温度とエッチング速度との関係を示す図である。

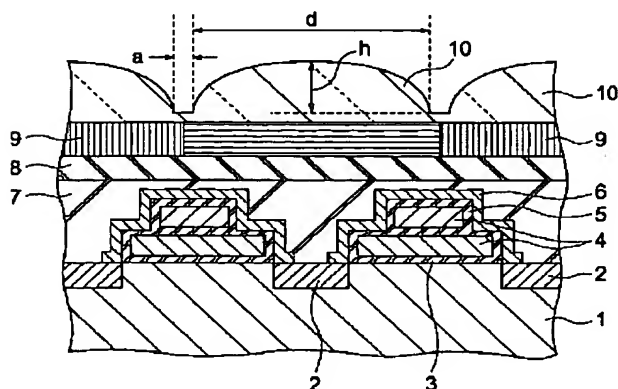
【図7】図7は従来のオンチップマイクロレンズの形成方法あるいは固体撮像素子の製造方法に用いられるマグネトロンRIE装置の概略図である。

【図8】図8は常温におけるパワーとエッチング速度との関係を示す図である。

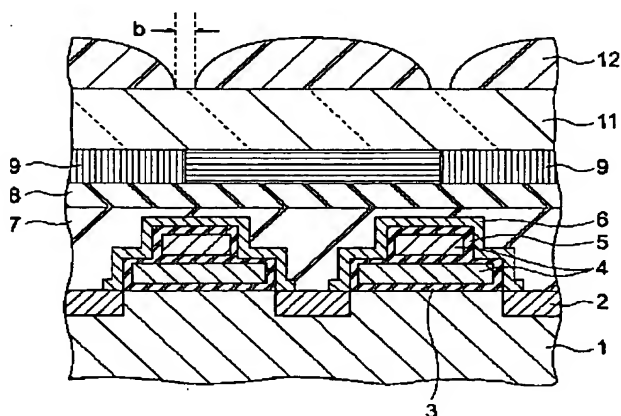
【符号の説明】

1…半導体基板、2…受光部、3…ゲート絶縁膜、4…転送電極、5…絶縁膜、6…遮光膜、7…層間絶縁膜、8…平坦化膜、9…カラーフィルタ、10…オンチップマイクロレンズ（OCL）、11…レンズ材層、12…レジスト、20、30…マグネトロンRIE装置、21…チャンバー、22…上部電極、23…下部電極、24…磁石、25…高周波電源、26…ウェハ、27…チャラー。

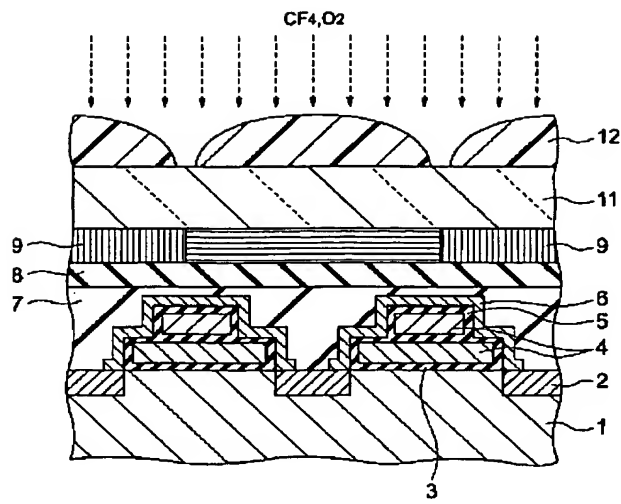
【図1】



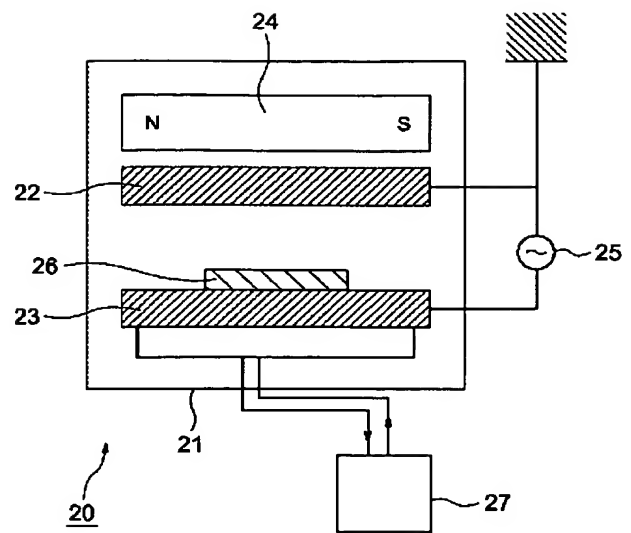
【図2】



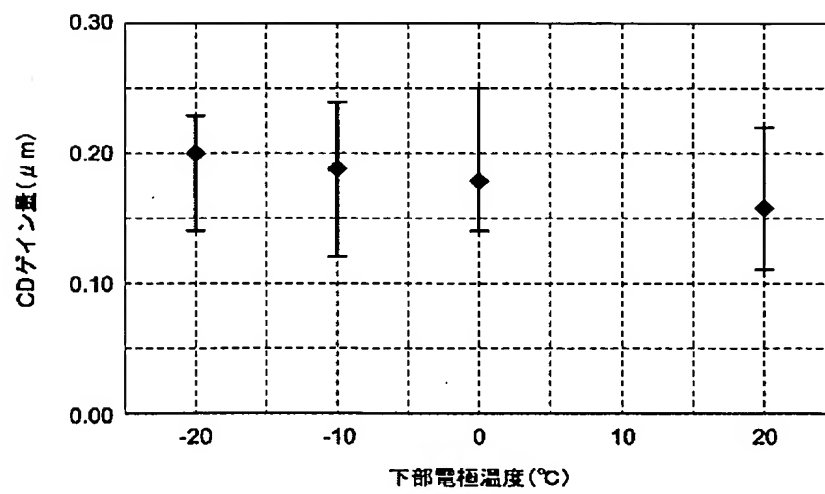
【図 3】



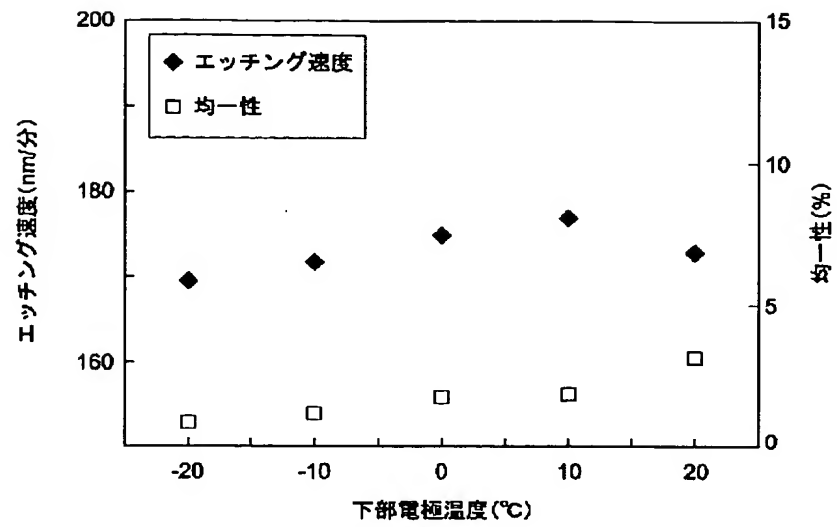
【図 4】



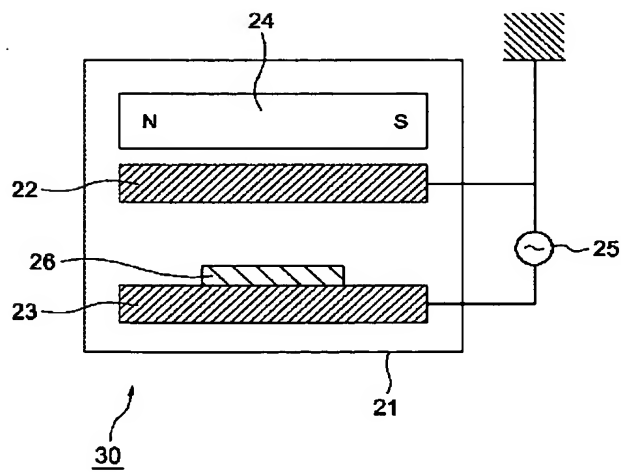
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【図 8】

